

증강현실(Augmented Reality)에서 3D디자인 패러다임의 변화
- 세라믹 디자인의 3D 시뮬레이션 연구를 중심으로-

A Study on 3D Design paradigm in Augmented Reality

주저자: 유은경 (Yoo Eun Kyung)

서울산업대학교

논문요약

Abstract

I. 서론

1. 연구 목적 및 배경
2. 연구 방법

II. 디지털 환경과 가상현실

1. 시뮬라크르(Simulacre)환경과 가상현실(假想現實, virtual reality)
2. 가상현실(假想現實, virtual reality)의 개념과 특성

III.유비쿼터스 환경과 증강현실(Augmented Reality)

1. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경
2. 증강현실(Augmented Reality)의 특성
3. 증강현실의 시스템 분류

IV. 증강현실 적용사례 연구

1. 교육
2. 의학
3. 방송
4. 게임
5. 디자인
6. 정보의 가시화
7. 건축, 도시계획

V. 세라믹디자인의 3D 시뮬레이션 구현

VI. 결론

참고문헌

(Keyword)

virtual reality, Augmented Reality, U-Space, proactive, artificial reality, simulation

논문요약

21세기가 도래하여 디지털 기술 개발로 인터넷(Internet) 혁명은 곧이어 유비쿼터스(Ubiquitous) 혁명으로 진화하였다. 디지털시대 이전의 기존의 물리적 공간은 인터넷 혁명의 산물인 가상공간(Cyber Space)으로 바뀌고 있으며 이런 두 공간이 융합(融合)하여 새로운 제3의 공간을 형성하게 되었다. 물리적 공간이 내포하고 있는 시, 공간상의 한계와 인터넷공간이 가지고 있는 가상현실의 현실과의 괴리 등을 상호보완적으로 작용하는 공간이 바로 유비쿼터스 공간이다.

유비쿼터스 공간에서 3D디자인의 흐름은 다양한 디지털적 환경요인에 의해서 디자인적 진화를 거듭하고 있다. 바로 가상세계와 현실세계의 간극(間隙)을 줄일 수 있는 환경이 증강현실이다. 유비쿼터스 공간(U-Space)에서 증강현실은 가상의 이미지를 현실세계의 정보에 오버레이 하여 출력하기 때문에 가상현실에 비해 실제성과 현실성을 높여준다.

본 논문은 융합과 소통의 신개념인 유비쿼터스 공간(U-Space)에서 충족되는 디자인 요구를 실현하기 위해 증강현실의 시스템 분류와 증강현실의 적용사례들을 살펴보았다. 이에 현 기술적인 상황에 의해 증강현실을 기반으로 하는 3D 디자인 시뮬레이션은 고가의 HMD나 다른 디스플레이 기기로 인해 접근성이 낮은 반면 모니터구조증강현실 시스템으로 구현되는 증강현실은 접근성이 높고 어디에서나 구현이 가능하고 협업도 고려할 수 있지만 몰입감은 많이 떨어짐을 알 수 있었다. 또한 증강현실을 기반으로 하는 3D 시뮬레이션이 현대사회의 복잡화, 인간 활동의 다양화, 정보전달의 신속화에 따른 보다 효율적 전달과 직감각적 어필(direct sensory appeal), 그리고 양방향(two-way) 대화형(interactive) 커뮤니케이션을 보여주고 있음을 알 수 있었다. 이런 점을 바탕으로 세라믹 디자인의 3D 시뮬레이션을 감각형 증강현실로 구현하였다. 이에 증강현실에서 3D 디자인을 시뮬레이션 할 때 사용성(usability) 측면에서 기술적 제약에 근거한 기능성(functionality) 뿐만 아니라 사용자의 감성적인 면도 함께 고려해야 할 필요성이 있음을 알았다.

또한 증강현실을 기반으로 하는 세라믹 디자인의 3D 시뮬레이션은 제작과정의 단축뿐만 아니라 비용의 절감, 디자인 개발, 시간의 단축을 들 수 있으며 여러 가

지 형태의 디자인 구성이 가능하고 짧은 시간 안에 리뷰가 가능하며 수정이 용이함을 알 수 있었다. 또한 가장 큰 장점으로서는 현실감이 뛰어나 실제 이미지를 사용하여 3D 시뮬레이션 한 경우보다 더 사실감을 느낄 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

The development of digital technology has expanded some aspects of human life -life style, culture, business and even physical sensation- into a world of virtual reality. Especially the advent of 'ubiquitous environment' greatly changed the paradigm of human life. In the ubiquitous environment, a design is required to make the borderline between actual reality and virtual reality look as if it doesn't exist, which is obvious in digital and analogue space. A gap between an actual reality and a virtual reality is technically inevitable but the gap can be filled by a technology of augmented reality. With the augmented reality technology in U-space, an artificial image is overlaid on an object of actual reality, and so the result looks more 'actual' than virtual reality. Compared to existing design processes, the 3-D design simulation based on an augmented reality is superior in terms of time and cost effectiveness, versatility, easy adjustment and most importantly, high level of sense of realness. All these were proved in the panel test after a prototype was made. The potentiality of 3-D design simulation should be recognized and continuous research should be conducted.

I. 서론

1. 연구목적 및 배경

아날로그시대와 디지털의 시대가 현물적(現物的)이고 가시적(可視的) 디자인 결과 도출을 요구하였다면 유비쿼터스 공간(U-Space)은 우리 눈에 실재(實在)로 보이지 않은(invisible) 대상으로 나타날 수도 있고 우리 눈에 실재(實在)로 보이는 공간이 가상의 공간으로 다가

왔다. 또한 현대사회의 복잡화, 인간 활동의 다양화, 정보전달의 신속화에 따른 보다 효율적 전달과 직감각적 어필(direct sensory appeal), 그리고 양방향(two-way) 대화형(interactive) 커뮤니케이션으로 발전하고 있다. 또한 과거 인터넷과 네트워크가 주요 관심사였던 것이 유비쿼터스 컴퓨팅에서는 인간과 컴퓨터 사이의 상호작용에 대한 것이 가장 중요한 문제가 되고 있다. 이를 위해 실세계의 사물과 사용자간의 상호작용을 제공할 수 있는 기술이 요구 되고 있으며 실세계의 정보를 인식하여 사용자에게 친화적인 서비스를 제공하는 증강현실(Augmented Reality)기술이 요구되고 있다. 증강현실이란 현실 세계에 가상의 물체를 중첩시켜 현실 세계를 보충하여 사용자에게 보다 많은 정보를 제공해 주기위한 기법으로 현실세계를 가상의 세계로 대체하여 보여주는 가상현실 시스템과는 구별되며, 사용자에게 보다 현실감 있는 콘텐츠를 제공해 준다는 특징이 있다.

이에 본 논문의 연구 목적은 기존의 3D 시뮬레이션 디자인 작업과정의 한계점을 파악하고 U-SPACE 에 적합한 새로운 3D 디자인 시뮬레이션 도구의 가능성을 증강현실로 제안하고자 하는 것이다. 현실성에 바탕을 두고 다양한 아이디어를 쉽게 시각화하여 표현하며 시뮬레이션이 가능한 새로운 3D디자인 도구는 디자인 영역에 큰 발전을 가져 올 것이기 때문이다.

2. 연구방법과 범위

본 연구는 현재 유비쿼터스 환경에서 상호작용성의 진화와 가상현실에서 증강현실로 어떻게 진행되고 있는지에 대한 이론적 배경과 그 추이(推移)를 조사·분석한다. 그리고 증강현실을 기반으로 하는 3D 시뮬레이션의 적용방안을 모색하고자 문헌연구를 통한 이론적 접근과 함께 현재 논의되고 연구되어지는 국내외의 증강현실의 연구 동향과 적용사례들을 살펴보고자 한다. 이를 바탕으로 앞으로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 증강현실이 3D디자인에 미칠 영향을 살펴보고자 한다.

II. 디지털환경과 가상현실

1. 시뮬라크르(Simulacre)환경과

가상현실(假想現實, virtual reality)

20세기 후반 들어 디지털 발전이 가져온 인터넷 혁명

은 인간의 활동영역을 디지털시대 이전 기존의 물리적 공간에서 인터넷 혁명의 산물인 가상공간(Cyber Space)으로 확장시켰으며, 더 나아가 이 두 공간이 융합(融合)하여 새로운 제3의 공간을 형성하게 되었다. 이는 단순히 인간 활동 영역의 변화만 가져온 것이 아니라 기존의 물리적 공간을 벗어나 가상공간에서 이루어지는 많은 사회적, 문화적 변화도 동반하여 가져오게 되었다. 컴퓨터와 첨단 정보통신기술을 바탕으로 한 다양한 형태의 새로운 미디어가 등장함으로써 이질적인, 또는 동질적인 양식들의 융합, 정보의 디지털화와 시각화, 종합화, 정보전달의 상호작용성과 비동시성으로 특징 되는 새로운 미디어 환경이 대두하고 있다. 이른바 '시물라크르1)' 시대로 총칭되는 이러한 새로운 환경은 인간 커뮤니케이션 및 구조적인 바람에 상당한 변화를 주고 있다.

장 보드리아르(Jean Baudrillard, 1929~)는 우리는 현재 컴퓨터화, 정보화, 대중매체, 인공두뇌적 통제체제, 그리고 가장된 코드와 모델에 따른 사회조직이 그 원리로서 생산을 대신하는 새로운 시물라크르의 세대에 살고 있다고 정의하였다.2)

시물라크르 환경의 도래는 인간커뮤니케이션을 '대중화(大衆化)' 보다는 '분중화(分衆化)' 내지는 '점중화(點衆化)' 쪽으로 가고 있다. 또한 시물라크르 환경에서 인간은 현실적 환경변화에 있어서의 기능조차도 시간적, 공간적 개념을 뛰어넘어 활동의 범위를 넓히고 있다.

원시시대의 동굴벽화는 현실의 공간에 가상의 세계를 표현한 다른 형태라 할 수 있다. 현대인들이 모니터를 통해 가상의 공간에서 만족을 느낀다면 구석기인들에게 동굴의 벽면은 사냥에 대한 염원이 투영되는 가상의 공간이었다. 벽화의 구획선이 정해지지 않은 것은 그들의 사고의 유동적인 틀을 의미한다. 벽화는 사냥의 장소에 따라 탄력적으로 조정되어지기 때문이다. 이는

1) 포스트구조주의의 대표적인 철학자 프랑스의 들뢰즈(Gilles Deleuze)가 확립한 철학 개념이다. 공간 위주의 사유와 합리적이고 법칙적인 사유를 지향하는 20세기 중엽의 구조주의 틀을 이어받으면서도, 포스트구조주의가 이전의 구조주의와 구분되게 하는 데 핵심 역할을 한 중요한 개념 가운데 하나이다.

시물라크르는 원래 플라톤에 의해 정의된 개념이다. 플라톤에 의하면, 사람이 살고 있는 이 세계는 원형인 이데아, 복제물인 현실, 복제의 복제물인 시물라크르로 이루어져 있다. 여기서 현실은 인간의 삶 자체가 복제물이고, 시물라크르는 복제물을 다시 복제한 것을 말한다.

2) 이은정, 「한국 소비자의 현시적 소비 형태에 대한 연구」, 홍익대학교, 2003, P29

현대인들의 가상공간이 견고한 구조물의 건축과 달리 정보, 인지, 행위에 의해 끊임없이 공간적으로 변조되는 속성과 일맥상통하다고 할 수 있다.

또한 장자의 「제물론」3)에서의 장주의 나비꿈(胡蝶夢)은 현대의 가상공간을 이해하는 실마리를 제공해준다.

昔者莊周爲胡蝶 栩栩然胡蝶也 自喻適志與 不知周也 俄然覺 則然周也 不知周之夢爲胡蝶與 胡蝶之夢爲周與 周與胡蝶 則必有分矣 此之謂物化。

(장주는 어느 날 꿈에 나비가 되었다. 훨훨 나는 것이 분명 나비였다. 스스로 유쾌하여 자기가 장주인줄 몰랐다. 그러나 조금 뒤에 문득 깨어보니 자기는 틀림없이 장주였다. 장주가 나비의 꿈을 꾸 것인가, 나비가 장주의 꿈을 꾸 것인가. 그러나 장주는 장주요, 나비는 나비로 반드시 분별이 있을 것이다. 이를 일러 만물의 변화라고 하는 것이다)

분류	Analog Design process	Digital Design Process
시간성	행위와 시간 중심	정보의 시간 중심
모델	선형모델	다차원, 비선형 모델
관점	의사결정모델이 중요	지식패턴과 상호관련성 중요
조직	수직체계	수평체계
목적	Production 중심	Technology 중심
협업	단위조직 간의 관계위주로 project	광범위한 Communication Path
전달양식	모노미디어(문자, 이미지, 소리)	멀티모달(multimodal)
표준화	국가주도형, 정량적 기준	기업중심, 기술 중심, 시장 중심

<표 1> Analog Design과 Digital Design process의 변화 (출처: Design net, 2000. 3, p. 97 재구성)

3) 장자(莊子)의 내편(內篇) 7편 중 제2편. 세상 모든 종류의 진위시비(眞僞是非)를 가리는 논쟁을 모두 상대적인 것으로 보고, 잡론(雜論)을 한걸 같이 하나로 귀속시킴을 말하며, 이를 통해 장자 사상의 전모를 엿볼 수 있다. 그에 따르면 현상(現象)은 모두 연관성을 지닌 하나의 전체(全體)이며, 인간의 희로애락(喜怒哀樂)도 진군(眞君: 天地의 主宰者)의 작용에 의한 것이라 하였다. 따라서 만물은 일체(一體)이며, 그 무차별 평등의 상태를 천균(天均)이라 하는데, 이러한 입장에서 보면 생사(生死)도 하나이며 꿈과 현실의 구별도 없다. 이와 같은 망아(忘我)의 경지에 도달하는 것이야말로 수양의 극치라고 하였다. 강신주, 「장자의 철학」, 태학사, 2004.

가상현실 속에서 주체는 어떠한 대상을 재현한 것도 아니고, 그렇다고 현실 주체가 조작하는 성질에 한정된 주체도 아니다. 인간-기계의 이중생성 속에서 우리는 어떠한 실체가 진정한 실체인가를 되묻게 된다. 인터페이스 속에서 대면하게 되는 오브젝트는 장주의 나비꿈(胡蝶夢)과 같이 어떠한 주체가 실제 주체라고 볼 수 있는가?라는 근원적인 질문까지 다양한 질문들이 제기될 수 있다. 현대에 들어 시, 공간의 제약이 없어지는 가운데 새로운 패러다임을 제시하는 유비쿼터스 개념은 시뮬라크르 환경과는 매우 밀접한 관계를 갖는다. 이는 현대인이 시뮬라시옹(Simulation) 되어가는 그 현상은 컴퓨터로 대표되는 매체들을 통한 공간적 개념을 제공한다.

가상의 공간은 시뮬라크르의 시대이며, 이 시뮬라크르의 시대에는 이미지의 끊임없는 생산만이 있을 뿐, 이미지의 생산을 실제에 기초하려는 어떠한 시도도 가능하지 않다. 단지 실제 그 자체보다 더 실제와 같다. 복제와 복제를 거듭하지만 결코 같은 속성이 아닌 차별화 된 창조물로 인식되어진다. 이러한 과도한 실제의 도래의 시뮬라크르 환경은 실제 그 자체를 구성하게 된다.

2. 가상현실(假想現實, virtual reality)의 개념과 특성

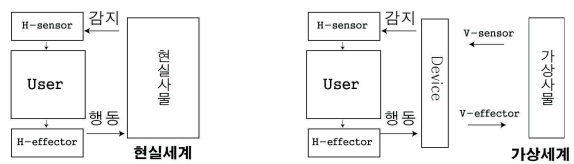
가상공간이란 말은 엄밀히 말해 한마디로 규정될 수 있는 쉬운 용어가 아니다. 그것은 협의(狹義)의 의미인 디지털 기술로 구현되는 구체적인 매체환경으로서 멀티미디어, 인터랙티브 글로벌 커뮤니케이션, 가상현실과 신경네트워크 등과 광의(廣義)의 의미인 물리적 기계와 신체의 한계를 넘어선 하이퍼리얼리티, 사이보그(cyborg) 문화, 탈 생물학적 시대 등의 수많은 개념들과 관련된 용어이다. 이는 더 나아가 컴퓨터, 전자공학, 인지 과학과 심리학, 신경생리학 등과 같은 다양한 원리들에 기반을 둔 학제적 연구자들뿐만 아니라 디자이너, 예술가, 과학 공상 소설가들이 창조적 상상력을 발휘하는 작업 공간이기도 하다.⁴⁾

스티브 옥스타칼니스(S. Aukstakalnis)는 그의 저서 '실리콘 환상(Silicon Mirage)에서 가상현실은 사람이

4) 김민수, 「가상공간과 디자인, 『21세기 정보화시대의 문화 변동-Digital Information, Cyber Space, Virtual Reality와 미래의 인간학』, 대장경연구소, 2000.6.9. 세미나자료정리.

그 속에 빠져들 수 있는, 컴퓨터가 만들어낸 상호작용적인 3차원환경으로 정의 하였다.

가상현실이란 물리공간과 전자공간의 증강공간으로서 다양한 정보기술(IT), 나노기술(NT), 생명공학기술(BT) 등을 활용하여 우리가 보고 있고 처해 있는 물리공간을 디지털화, 전자화하는 것이다. 가상현실을 혹자는 인공현실(artificial reality), 가상환경(Virtual environment), 합성환경(synthetic environment) 원격실재(Tele-presence), 사이버스페이스(cyberspace) 등의 호칭으로 부르고 있으며 정의 또한 학자에 따라 약간씩 달라지고 있다.



(그림 1) 현실세계와 가상현실의 개념적 구조 비교

2-1. 몰입형 가상현실(Immersive VR)



(그림 2) 헤드마운트디스플레이(HMD)와 데이터글러브를 착용하고 가상현실 조작 장면

가상현실이 추구하는 목표는, 이용자로 하여금 원격현전(telepresence)을 경험하도록 하는 것이다. 현전(presence)은 '어떤 환경 속에서 느끼는 실재감(sense of being)'을 뜻하는데, 이런 점에서 원격현전은 '커뮤니케이션 매체에 의해 어떤 환경 속에 실재하고 있음을 경험하게 되는 것', 즉 환경에 대한 매개된 지각(mediated perception)이라 할 수 있다.

현전은 원격귀인(distal attribution) 또는 외부지향(externalization)현상과 밀접히 관련되어 있는데, 이것은 감각기관 자체의 한계를 뛰어넘어 외부 공간을 지각하고자 하는 경향을 말한다. 매개되지 않은 환경에 있게 되면 주위의 물리적 환경은 당연한 것으로 받아들여지지만, 매개된 환경과 매개되지 않은 환경, 두 가

지가 동시에 주어지게 될 경우 어떤 환경이 우선하는가가 문제가 된다. 스토이어(Steuer, 1992)에 따르면, 원격현전은 바로 즉각적인 물리적 환경보다 매개된 환경 속에서 더 실재감을 느끼게 될 때 발생하는 현상이다. 여기서 매개된 환경은 비디오카메라를 통해 보는 원거리의 공간과 같은 실재(real) 환경이 될 수도 있고, 컴퓨터에 의해 만들어진, 실재하지 않는 가상세계(virtual world)가 될 수도 있다. 즉, 원격현전을 느끼게 하는 것은 실재 환경이 될 수도 있고 시뮬레이션된 환경이 될 수도 있는 것이다. 이런 점에서 현전과 원격현전은 근본적으로 다른 것이 아니다.⁵⁾

이러한 현전을 가장 강하게 느낄 수 있는 가상현실은 몰입형 가상현실시스템(Immersive VR System)으로 현실감(realism)으로의 현전감을 강하게 느낄 수 있다. 현실감이란 미디어가 얼마만큼 실재하는 대상, 사전, 사람 등을 실재하는 것처럼 표상해 낼 수 있는가를 의미한다.⁶⁾ 즉, 가상현실 시스템 중 가장 이상적이라 할 수 있다.

몰입형 가상현실은 HMD, 데이터글러브, 공간추적장치, 3D Audio, 출력장치인 컴퓨터 등으로 이루어진다. 이 시스템은 컴퓨터가 만들어 내는 3차원 공간에서 사용자가 기본적으로 필요한 장비를 직접 장착한 후에 직접 몰입되어가는 것으로 아주 고가의 장비 때문에 일반인들 사용하기에는 제약이 따른다. 그러나 이러한 디바이스들을 통해 사용자들이 느낄 수 있는 감정을 최대한으로 조절하여 효과적으로 전달할 수 있다. 그러므로 사용자가 경험하는 실재감이 높아서 쉽게 몰입할 수 있는 장점이 있다.

2-2. 데스크탑 가상현실

데스크탑형 가상현실은 컴퓨터 화면상에 출력된 3차원 입체 영상을 보면서 마우스, 조이스틱, 혹은 데이터글로브를 사용하여 가상현실을 경험하는 것으로 몰입형 가상현실체험에 비해 현실감이 떨어지나 접근성과 활용성이 뛰어나므로 우리 일상생활에서 가장 많이 사용되고 있다.

헤드만(A. Hedman)은 3D 환경 하에서 데스크탑형 가상현실시스템을 사용한 사용자들을 대상으로 연구한 결과 다음과 같은 필요 요소들을 발견하였다.⁷⁾

첫 번째 요소는 풍부함으로 시각적환경이 어떻게 더 나아질 수 있는가는 사용자에게 매우 중요하므로 개발자의 노력이 필요한 부분이다. 둘째는 명료함이다. 가상환경의 스케일이 너무 커서 사용자가 한눈에 이를 보는데 어려움이 없어야 한다. 셋째는 심미성으로 가상현실에서 심미적인 면은 중요하다. 사용자의 감성에 만족감을 주어야 하며 이는 결과적으로 사용자에게 좋은 감정을 생성시킨다. 이는 사용자의 관심과 감성이 가상현실의 공간에 대한 전반적인 태도를 결정짓는데 큰 역할을 한다. 넷째는 내비게이션의 간략화로 가상환경에서 사용자의 많은 움직임(navigation)이 필요하다면 이는 사용자들에게 불편함을 주는 원인이 된다. 이를 위해 개발자는 인터페이스디자이너를 사용자 중심으로 고려해야 한다. 다섯째, 자연스러움이다. 가상현실 공간이 사용자들의 일상생활과 유사할수록 사용자들은 자연스러움을 느끼게 된다.

헤드만(A. Hedman)의 사용자 연구에 의하면 사용자들의 실제 활동공간인 현실이 3D로 이루어졌기 때문에 3D 시뮬레이션 시스템 사용자의 시스템 적응도가 2D 환경에 비해 높다. 또한 3D로 표현된 시각적 정보가 2D에 비해 사용자의 정보인식 확률을 높인다.

가상현실 시스템에서 인간은 다양한 세계 즉, 현실의 세계뿐만 아니라 상상의 세계 모두를 시뮬레이션을 통해 감각적인 채널과 조종자를 이용하여 상호작용 할 수 있다. 이 때, 사용자가 가상현실 세계에 몰입하게 됨으로써 가상현실의 효과를 극대화할 수 있다. 이와 같은 가상현실 시스템은 원격통신, 건강 및 의학, 교육 및 훈련, 상품 디자인, 군사 분야 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 가상공간, 가상세계는 이제 현대인들의 생활공간이 되어 가고 있으며 그 안에서 소통, 감정, 생각 등을 하고 있다. 이제 가상공간은 단순히 컴퓨터 프로그래밍이나 웹디자인이 아닌 현대인의 생활방법에 대한 이해로 변화하였다. 가상공간과 현실세계가 얼마나 닮고 인간과 상호작용을 이루고 있는가에 관심을 가지고 있다.

III. 유비쿼터스 환경과

7) Anders Hedman, "Visitor Orientation: Human-Computer Interaction in Digital Place". Licentiate thesis. Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. http://iplab.nada.kth.se/eve_view.jsp?name=Anders . (2001.2)

5) 이재현, 「인터넷과 사이버 사회」, 커뮤니케이션북스, 2000. p. 118
6) ibid. p. 119

증강현실(Augmented Reality)

가상현실이 현실세계와 많이 닮았다 하더라도 가상현실의 한계점은 현실세계와의 단절이다. 현실세계와는 단절된 공간인 가상의 공간에서 이루어지는 사용자의 체험은 단순한 체험에 그치며 현실에 대한 적응도가 떨어지며 현존감(現存感)의 저하를 가져온다. 이는 실재성과 가상성 사이에 간극(間隙)이 있기 때문이다. 김민수는 이러한 간극을 ‘문지방’이라는 표현을 사용하였다.⁸⁾

이러한 실재성과 가상성 사이를 자유롭게 넘나들며 틈의 간극을 줄일 수 있는 키워드는 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)이며 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 가상현실이 아닌 현실세계에 정보를 표현할 수 있고 실재성과 가상성 사이의 간극을 줄일 수 있는 증강현실(增強現實, augmented reality)인 것이다.

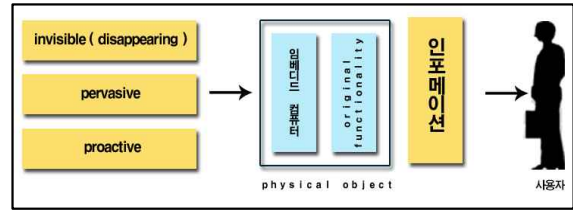
1. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경

유비쿼터스(ubiquitous)라는 용어는 1988년 제록스사의 마크 와이저(Mark Weiser)가 처음 사용하였다. 유비쿼터스는 라틴어에서 파생된 말로 ‘신은 언제, 어디서나 존재한다’는 의미를 가지고 있으며 현재는 우리가 원하는 것은 시공을 초월해서 언제, 어디서든 실행 가능해야 한다는 뜻을 내포하고 있는 것이다. 또한 유비쿼터스 공간이란 어디에 있어도, 아무런 제약 없이 컴퓨터나 네트워크의 존재를 의식하지 않고 누구나, 어떠한 단말기든지 이용할 수 있는 지식정보사회의 발전된 공간이라고 할 수 있다. 모든 사물에 네트워크 교신능력을 가지는 초소형 컴퓨터가 내장되고, 모든 사람이 그 네트워크와 커뮤니케이션 할 수 있는 정보단말기를 휴대할 수 있는 사회이기도 하다. 유비쿼터스 컴퓨팅, 즉 유비컴은 어디서나 존재하는 컴퓨터를 이용할 수 있음을 말며 스며드는(pervasive) 컴퓨팅, 사라지는(disappearing) 컴퓨팅, 보이지 않는(invisible) 컴퓨팅, 자율(proactive) 컴퓨팅 등이 유비쿼터스 컴퓨팅의 특징이다.⁹⁾

이러한 유비쿼터스 혁명은 우리의 물리적 환경의 변화뿐만 아니라 정신적, 행태적인 변화를 가져왔다.

8) 김민수, op. cit.

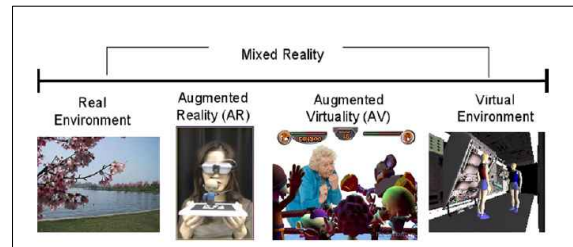
9) Mark Weiser, "The Computer for the 21st Century", Scientific American, 1991.9. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html> (2003.5.12)



(그림 3) 유비쿼터스 컴퓨팅의 특징

2. 증강현실(Augmented Reality)의 특징

가상현실은 ‘현실’에서 분리되기를 원하고 현실보다 더 현실 같은 현실감을 나타내려한다. 이미 존재하는 ‘현실’을 초월하려 든다. 가상의 수준이 높아지고 영역이 확대될수록 현실보다 더 현실적인 느낌을 주며 현실을 대체하려한다. 그러나 가상현실이 구현되어지는 곳은 현실이다. 가상현실이란 현실인 동시에 현실이 가상화되는 것이다.



(그림 4) 현실세계와 가상세계의 연속성
(Milgram's Reality-Virtuality Continuum)

(출처: P. Milgram, and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems 재구성)

이런 가상현실과 달리 증강현실(Augmented Reality)은 현실세계와 가상세계를 이음새 없이(Seamless) 실시간으로 혼합하여 사용자에게 제공함으로써, 사용자에게 보다 향상된 몰입감과 현실감을 제공하는 기술이다.

증강현실과 가상현실의 구분을 밀그램은(Milgram)은 (그림6)과 같이 설명하였다.¹⁰⁾ 물리적인 환경, 실제로 우리가 살고 있는 환경을 실제 환경 (Real Environment)라고 한다. 또한 컴퓨터 그래픽에 의해 생성한 가상의 공간을 가상환경(Virtual Environment)라고 하며 실제 환경의 이미지를 가상의 환경에서 합

10) P. Milgram, and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems, (1994) E77-D(12):1321-1329.

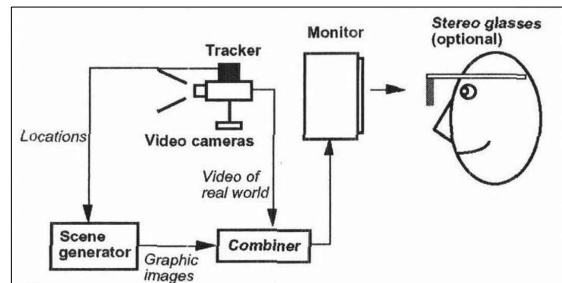
성시킨 것을 증강된 증강가상(Augmented Virtuality)라고 한다. 이와 반대로 가상의 물체를 실제 물리적인 환경에 합성시키는 것을 증강현실(Augmented Reality)라고 정의하며 이 모든 범주를 포함하는 것을 혼합현실(Mixed Reality)이라고 한다. VR기술이 실제 환경을 컴퓨터가 생성한 환경과 대체하는 기술임에 반해, 증강현실기술은 사용자의 환경에 정보를 증강함으로써 현존성을 향상시키는 기술이다. 현실세계와 모든 부분이 컴퓨터 그래픽으로만 이루어진 가상세계사이에서 이들이 공존하는 세계를 통틀어 혼합현실이라 한다. 증강현실 시스템은 사용자가 현실세계에 있다는 감각을 유지하면서 만들어진 증강현실 세계를 말한다. 이는 일반적으로 현실세계를 기반으로 가상물체를 합성한 것을 의미한다. 이와는 달리 증강가상(Augmented Virtual)은 컴퓨터가 만들어낸 완전한 가상세계를 기반으로 실제 환경을 합성한 것을 의미한다. 이에 증강현실의 장점은 다음과 같이 정의 할 수 있다.¹¹⁾

첫째, 현실세계와 가상세계 사이의 순조롭고 매끄러운 상호작용성(interaction)을 제공한다. 둘째, 실재감을 향상시킨다. 셋째, 협업에서 사용자에게 공간적인 정보를 제공한다. 넷째, 텐저블 인터페이스에 메타포를 부여할 수 있다. 다섯째, 현실세계와 가상세계의 부드러운 전달(transition)을 갖는다.

3. 증강현실 시스템 분류

증강현실시스템은 현실세계에 가상의 세계를 오버레이 하는 것으로 합성하는 방법에 따라 크게 3종류로 분류할 수 있다.¹²⁾ 이러한 방법들에 의한 인간의 직각은 몰입도나 현존감 등에서 조금씩 차이를 보이게 된다.

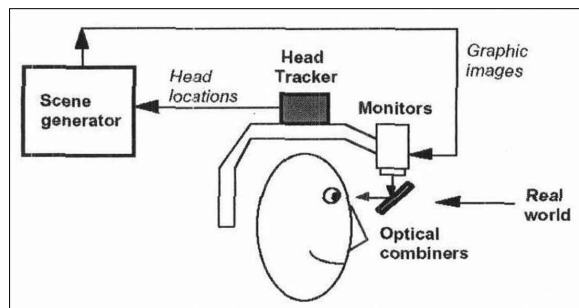
3-1. 모니터 기반의 증강현실 시스템



(그림 5) 모니터구조 증강현실시스템 개념도

사용자는 현실세계에 오버레이 된 가상의 정보를 모니터를 통하여 인식하는 시스템이다. (그림7)과 같이 트래커가 부착된 CCD 카메라가 현실세계의 정보, 형태와 위치 등을 수집하여 비디오 합성기로 송신된다. 이때 실영상속의 객체에 대한 부가정보의 정확한 결합은 카메라에 부착된 트래커 데이터의 정밀도에 의해 좌우된다.

3-2. 광학 see-through HMD 시스템



(그림 6) 광학 see-through HMD 증강현실 시스템 개념도

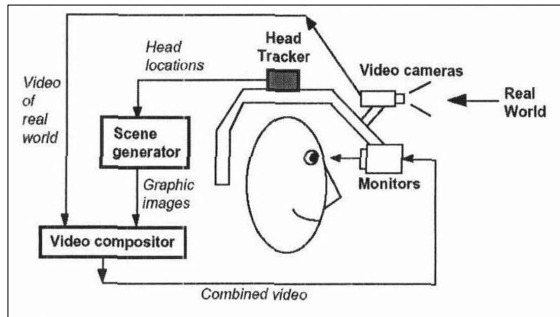
폐쇄형의 HMD는 가상환경에 대한 몰입도를 증가시키기 위한 목적으로 가상현실 시스템에서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 증강현실 시스템에서 사용하는 광학 see-through HMD는 현실세계 영상과 가상세계영상이 광학적인 원리에 의해 합성하여 안경과 같은 광학합성기(optical combiner)에 가상의 영상이 중첩되어 출력된다. see-through HMD는 공군 항공기에서 사용하는 Head-Up Display(HUDs)와 유사하다. 광학 see-through HMD 시스템은 의료, 기계의 조립 분해, 인터리어 설계 등의 좁은 반경을 갖는 실내용의 증강현실 시스템에서 많이 이용되고 있다. 실제 장면을 일차적으로 직접 보여주므로 사용자가 HMD를 쓰고 공

11) Mark Billinghurst, Hirokazu Kato: Collaborative augmented reality. Commun. ACM 45(7) (2002), pp.46-70

12) Milgram, P. and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems, E77-D(12) (1994), 1321-1329.

간에서 이동하는 경우 직접 주위의 환경을 보면서 움직일 수 있다.

3-3. 비디오 see-through HMD 시스템



(그림 7) 비디오see-through HMD 증강현실 시스템 개념도
(출처: Brogni, B.A.,Avizzano, C.A., Evangelista, C. and Bergamasco, M., 1999)

비디오 See-Through HMD는 현실세계와 폐쇄형 HMD, 하나 또는 두개의 head-mounted 비디오카메라와 결합하여 구성된다. 비디오카메라를 통해 실사영상을 촬영하고 이 영상은 사용자의 머리위에 부착된 트래커데이터를 이용하여 컴퓨터에서 렌더링 된 영상과 합성되어 사용자의 눈앞에 위치한 모니터로 출력된다. 즉, 사용자는 카메라에 의해 찍힌 실세계의 모습과 영상 생성기(Scene Generator)에 의해 생성된 영상이 합쳐진 영상을 보게 된다.

IV. 증강현실 적용 사례 연구

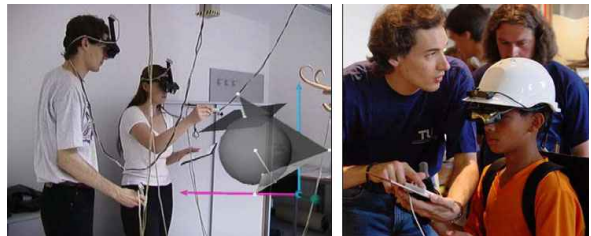
1. 교육

유비쿼터스 공간 속에서 증강현실기법은 과거의 단순한 멀티미디어 학습콘텐츠의 단점들을 보완하여 가상으로 체험하며, 학습 효과를 극대화 시킬 수 있는 새로운 교수-학습 매체로 많은 가능성을 제공할 수 있다. 증강현실은 다감각적인(multi-sensory) 경험을 통해 사용자를 가상공간에 완전히 몰입시키는 효과(immersion effect)를 가지고 있고, 인간과 컴퓨터의 상호작용(HCI)이 현실 상황과 유사한 환경을 조정하여 반응을 일으키기에 상호작용을 중시하는 교육 분야에서는 매우 중요한 미디어라고 할 수 있다. 또한 양방향과 참여라는 유비쿼터스 공간의 특징은 교육에 있어서도 중대한 함의를 지닌다. 기존의 교사-학생간의 단향 커뮤니케이션 구조, 즉 정보의 전달자로서의 교사와 정보의 수용

자로서의 학생간의 일방적인 커뮤니케이션흐름이 참여를 통한 양 방향적 커뮤니케이션 흐름으로 변화될 수 있기 때문이다.

워싱턴대학의 HITL에서 연구하는 Bricken과 Byrun은 1991년에서 2년간 시애틀지역에 사는 10세~16세 아동을 대상으로 증강현실에 관한 관찰연구를 시도하여 학습자와 교수자 모두에게 좋은 결과를 산출하였다.¹³⁾

또한 비엔나 기술대학의 Kaufmann과 Schmalstieg는 기존의 책이나 모니터 등으로 가르치기 어려웠던 3차원 기하학을 증강현실기술을 이용하여 교육하는 기하학 교육용 소프트웨어를 개발하였다. 사용자가 HMD를 이용하여 실제 영상과 기하학 도형을 보고 다양한 트래킹 장치를 이용하여 도형을 배치시키고 실험하도록 시스템이 구성되었다.¹⁴⁾ 증강현실을 사용하여 실험한 결과 가장 큰 장점은 실제로 학생이 기하도형들을 2D로 인식하는 것이 아니라 3D차원에서 물체를 인식한다는 점이다. 또한 전통적인 교육 방법에서보다 증강현실에서 3D공간의 복잡한 공간의 문제와 공간의 관계를 더 잘, 더 빨리 이해하는 결과를 얻었다. 이처럼 교육에서 활용되어지는 증강현실은 최근 유비쿼터스 환경의 구축 시도와 함께 더더욱 그 가치가 높아지고 있다.



(그림 8) Hannes Kaufmann의 증강현실을 이용한 기하교육

2. 의학

의학에서 이용되는 증강현실은 대부분은 이미지 가이드 수술을 다룬다. 환자의 CT나 MRI 검사가 그 외과 의사에게 수술에 필요한 이미지를 제공하여 Pre-operative를 가능하게 하는 것이다. 이는 수술에 필요한 최소한의 범위만 열어 수술하거나 칼을 대지 않고 수술하는 경향이 많아짐에 따라 의학분야의 증강현실 기술에 대한 관심이 증대 되고 있다. 증강현실 시

13) Hannes Kaufmann , Geometry Education with Augmented Reality, Technischen Universität Wien von, 2004. pp9-10

14) Zwecke der Erlangung, ibid

시스템은 환자 위에 다양한 의학 이미지 자료를 투영함으로써 수술시 외과 의사의 지각력을 높여줄 수 있다.



(그림 9) 외과 수술에 있어서 증강현실의 활용
출처: Virtual Reality and Augmented Reality
<http://www.ingraphics.net/publications>

3. 방송

방송에서 사용되어지는 가상현실 기술은 사용자를 가상의 환경에 몰입하게 하므로 사용자는 실제 환경을 볼 수 없다. 그러나 증강 현실 기술은 이와는 달리 사용자가 실제 환경을 볼 수 있으며 실제 환경과 가상의 객체가 혼합된 형태를 띠고 있다. 현재의 기술 수준 등을 고려할 때 증강 현실 기술은 가상현실 기술에 비해 사용자에게 보다 나은 현실감을 제공할 수 있다. 증강현실의 간단한 양식은 오락과 TV 뉴스 등에서 사용 중이다.



가상현실에서 구현된 방송영상



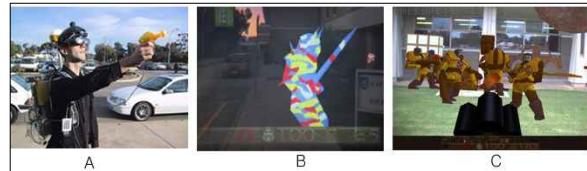
증강현실에서 구현된 방송영상

(그림 10) 가상현실과 증강현실에서 구현된 방송영상의 비교
(출처 : <http://www.kbs.co.kr>)

4. 게임

University of South Australia의 Tinmith project팀에서는 ARQuake라는 시스템을 만들었다. 이 시스템은 기존의 Quake라는 게임을 실제 세계에서 해보자는 의도에서 만들어 졌다. A는 게임을 하고 있는 사용자의 모습이다. B, C는 게임이 진행되는 화면으로서 시스템에 의해 생성된 가상 괴물이다. 이 시스템은 GPS와 orientation tracker를 사용하여 사용자의 위치를 알아내고 그 위치에 해당되는 가상 이미지를 optical

head-mounted display를 통하여 사용자에게 보여준다.



(그림 11) A: ARQuake를 사용하는 사용자, B,C: 실세계에 오버레이된 Virtual Monster (출처: <http://www.unisa.edu.au>)

게임사용자들은 실세계에 존재하는 물체들에 대한 실재감과 함께 가상세계를 경험하게 되는데, 이 같은 증강현실감은 기존의 가상현실기술보다 훨씬 강한 몰입감과 실재감을 느끼게 한다.

5. 디자인

파타 모가나 프로그램(Fata Morgana Program)은 증강현실을 이용하여 3D 자동차 렌더링을 실재현실에서 구현하여 실제 사이즈로 자동차디자인을 시물레이션 할 수 있다¹⁵⁾.



(그림 12) 증강현실에서 시물레이션 된 자동차 디자인-목업과 렌더링의 비교
(출처 :Fata Morgana - Gudrun Klinker, Allen H. Dutoit, Martin Bauer, A Presentation System for Product Design, Technische Universität München)

파타 모가나 프로그램을 이용한 증강현실에서의 시물레이션은 3D 자동차 렌더링을 실물크기로 볼 수 있다는 장점 외에 실제 현실에서 목업(Mock up) 작업 후에만 가능한 자동차 회전하여 프레젠테이션 하기, 두 가지 스타일의 자동차 비교, 특정부위의 세밀한 관찰 등이 가능하다. 이는 증강현실에서 제품의 프레젠테이션 시스템은 목업제작의 시간과 비용의 절약을 의미하며 3D 렌더링을 이용하여 실체크기로 디자인을 평가할 수 있음을 의미한다. 이 프로그램은 실제 BMW 디

¹⁵⁾Gudrun Klinker, Allen H. Dutoit, Martin Bauer, "A Presentation System for Product Design", International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02)(2002), pp.76

자이너를 대상으로 실험하여 평가를 얻었다. 또한 'A Mixed Reality Workspace for Aesthetic industrial design 프로젝트'가 연구 중에 있다. 현재 사용되는 3D CAD 프로그램보다 더 직관적인 방법으로 스케치가 가능하다. 또한 이러한 방식으로 생성된 목업을 위한 데이터로도 전환이 가능하다. 이는 증강현실을 이용하면 실제 환경에서 직접적인 3D 디자인을 스케치 할 수 있다는 가능성을 보여 주고 있다.



(그림 13) A Mixed Reality Workspace for Aesthetic industrial design 를 이용한 증강현실에서 자동차 3D 스케치

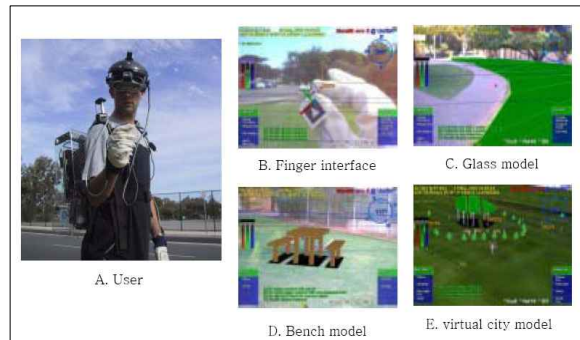
6. 정보의 가시화

University of South Australia의 Tinmith project팀에서 ARQuake에서 사용된 비슷한 시스템을 사용하여 실제 세계의 도시를 모델화하는 Tinmith-Metro¹⁶⁾라는 시스템을 만들었다. 이 시스템은 finger interface를 통해서 실제 세계의 객체를 가상 3차원 모델로 변환한다. Wearable augmented reality system을 통하여 손쉽게 실제 도시를 3차원 가상 모델로 만드는 것이 시스템이 가지는 특징이다. 그림 15에서는 이 시스템을 사용하고 있는 사용자와 finger interface, 이를 이용하여 실제 도시의 객체를 복사한 3차원 가상 모델들을 나타내고 있다. Columbia University에서는 자신의 학교를 소개하는 'Situated Documentaries'¹⁷⁾라는 시스템을 개발하였다. (그림16)에서 사용자는 가상 깃발들을 자신이 쓰고 있는 HMD에서 보게 된다. 사용자는 이러한 깃발 중

16) Wayne Piekarski and Bruce H. Thomas. "Tinmith-Metro: New Outdoor Techniques for Creating City Models with an Augmented Reality Wearable Computer". In Proceeding of ISWC'01: Inter. Symp. on Wearable Computer, Zurich, Switzerland, (Oct. 2001), p.31-38.

17) Tobias Hollerer, John Pavlik. Situated Documents: Embedding Multimedia Presentations in the Real World. In Proceeding of ISWC'99: Inter. Symp. on Wearable Computer, San Francisco, California, (Oct. 1999). p. 79-86.

하나를 고르게 되면 관련된 정보를 hand-held computer와 HMD를 통하여 보고 들을 수 있다.



(그림 14) Tinmith-Metro

(출처: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/ARQuake>)



(그림 15) Columbia University의 Situated Documentaries

(출처: Situated Documentaries: Embedding Multimedia Presentations in the Real World, Columbia University New York, NY. 1999)

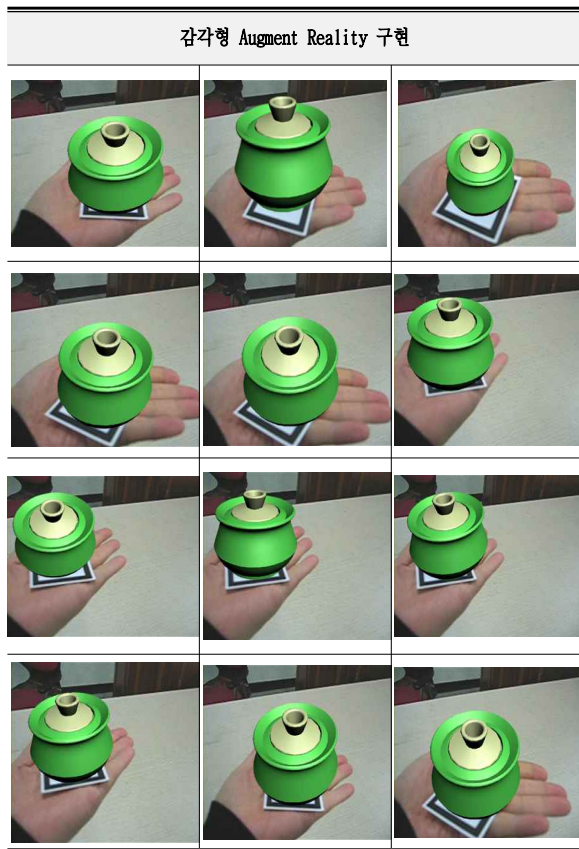
7. 건축, 도시계획

Louminous Table 프로그램은 증강현실 기술을 이용하여 도시설계에 필요한 여러 종류의 자료를 한 공간 안에서 보여주며 축소된 도시모형을 인터페이스로 사용하여 건물의 위치와 방향에 따른 그림자나 풍향 일조 등의 디지털 정보를 제공하여 준다. 일반적인 도시 설계 프로그램들에서는 각기 달리 존재하던 스케치, 모형 제작, 부가적 컴퓨터 자료 등을 한 공간 안에 제공하여 줌으로 작업공간의 차이에 의해 발생하는 어려움을 해소하고 인터랙티브한 도시 설계가 증강현실 안에서 가능함을 보여준다.



(그림 16) Luminous Table 프로그램을 이용한 증강현실에서의 도시설계
(출처 : Augmented Urban Planning Workbench: Overlaying Drawings, Physical Models and Digital Simulation, MIT)

V. 세라믹디자인의 3D 시뮬레이션 구현



(그림 17) 세라믹 디자인의 3D 시뮬레이션
- 감각형 증강현실 구현

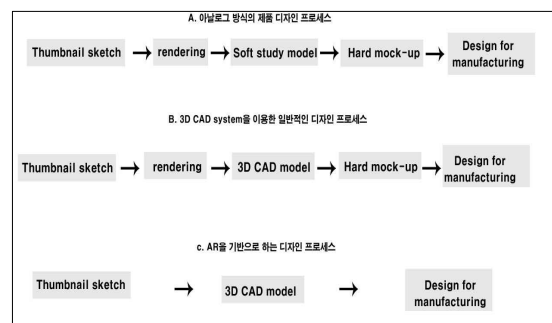
(그림 18)은 ARToolKit을 이용한 증강현실을 기반으로 세라믹 디자인을 3D디자인 시뮬레이션한 결과이다. 단순한 기물을 3D CAD에서 제작하여 카메라가 마커의

상대적인 위치 좌표와 카메라의 위치를 실시간으로 계산하여 현실에 존재하는 객체 마커 위에 가상의 객체가 오버레이 되도록 하였다. 실험자들은 이때 초기 아이디어의 지원이 잘되었는지, 몰입감을 느꼈는지, 입체감과 현존감 등을 느꼈는지 등을 살피도록 하였다.

특히 (그림 18)은 감각형증강현실 구현을 정리한 것이다. 마커를 사용자의 손바닥위에 위치시킴으로 세라믹 용기의 크기, 형태 등을 사용자가 시각적으로 느낄 수 있도록 하였다. 이때 사용자와의 상호작용성을 높이기 위해 다양한 물리적 컨트롤을 사용하였다. 먼저, 액션, 리액션(action- reaction)은 사용자가 행하는 물리적 액션과 컨트롤이 되는 리액션은 물리적 컨트롤의 가장 큰 특징이다. 이에 마커의 밀기, 끌기, 돌리기, 건드리기 등의 리액션 기능을 참작하여 고려하였다.

또한 앞, 뒤, 위, 아래, 좌, 우, 회전 등의 방향성 움직임(directional movement)과 마커의 위치와의 관계를 관찰하였다.

이에 아날로그 시대의 세라믹 디자인의 디자인 프로세스와 3D CAD를 이용한 현재의 일반적인 디자인 프로세스에서 발전되어진 증강현실을 기반으로 하는 유비쿼터스 환경에서의 세라믹디자인 프로세스의 변화를 다음과 같이 정리 할 수 있었다.



(그림 18) 증강현실을 기반으로 하는 세라믹디자인 프로세스의 변화

이는 기존의 디자인 프로세스와 비교 했을 때 증강현실을 기반으로 하는 3D 시뮬레이션은 제작과정의 단축뿐만 아니라 비용의 절감, 디자인 개발, 시간의 단축을 들 수 있으며 여러 가지 형태의 디자인 구성이 가능하고 짧은 시간 안에 리뷰가 가능하며 수정이 용이함을 알 수 있었다. 또한 가장 큰 장점으로서는 현실감이 뛰어나 실제 이미지를 사용하여 3D 시뮬레이션 한 경우보다 더 사실감을 느낄 수 있음을 알 수 있었다.

VI. 결론

증강현실을 기반으로 하는 콘텐츠를 체험하는 사용자들은 수동적인 사용자 보다는 콘텐츠를 함께 만들어 나가는 능동적이고 참여적인 사용자의 관점에 맞게 개발되어야 한다. 그것이 증강현실의 특성을 더 잘 활용할 수 있기 때문이며 인간중심의 컴퓨터와 인간의 새로운 인터랙션을 창조할 수 있는 것이다. 사용자들은 능동적 참여자일 뿐 아니라 그들의 인터랙션에 의하여 콘텐츠의 내용이나 진행 방향을 결정할 수 있으므로 제한된 범위 내에서 증강현실 콘텐츠의 제작자이기도 하다. 이러한 사용자 관점의 제작 요소들은 실제 사용자의 참여가 일어나기 전까지는 그 결과를 확인할 수 없으므로 사용자에 대한 충실한 연구를 통하여 인터랙션의 내용과 결과를 정확히 예측하고 각 상황에 대한 반응을 디자인해야 사용자들의 만족감을 유도할 수 있다.

그러므로 증강현실을 기반으로 하는 세라믹 디자인의 3D 시뮬레이션을 위한 콘텐츠 개발은 프로세스의 전반에서 사용자가 누구이며, 무슨 목적을 가지고 어떻게 이러한 증강현실 콘텐츠에 접근할 것인가에 대한 연구를 바탕으로 디자인을 함으로서 사용자 참여 요소들을 기획 의도에 맞게 실현해 개발하여 할 것이다. 이는 세라믹 디자인 제작과정의 단축뿐만 아니라 비용의 절감, 디자인 개발, 시간의 단축을 들 수 있으며 여러 가지 형태의 디자인 구성이 가능하기 때문이다.

미래 유비쿼터스 환경 속에서 증강현실콘텐츠의 개발은 특히 컴퓨터를 이용한 등에서 효과를 극대화시킬 수 있는 첨단 기술이라 하겠다. 앞으로 보다 다양한 증강현실 시스템 구현과 콘텐츠 개발에 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

강신주, 「장자의 철학」, 태학사, 2004.
김균, 「마셜맥루한의 커뮤니케이션 사상」, 현대사상, 1997
김민수, 「가상공간과 디자인, 『21세기 정보화시대의 문화 변동-Digital Information, Cyber Space, Virtual Reality와 미래의 인간학』, 대장경연구소, 2000.6.9.
임도현, design net, 월간 디자인네트, 2003.
앨리슨 헤드 지음, 박광식·김형렬 옮김, 웹시대의 인

터페이스 디자인, 길벗, 2000.

앨빈 토플러 지음, 김진욱 옮김, 제3의 물결, 범우사, 1992.

장 보드리야르 지음, 하태환 옮김, 시뮬라시옹, 민음사, 2001.

자넷 머레이, 인터랙티브 스토리텔링, 안그라픽스, 2001.

제시 제임스 케리트 지음, 방수원 옮김, 경험디자인의 요소, 한솜미디어, 2003.

R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", Presence, Vol.6, no.4, (1997).

Ronald Azuma. "Augmented Reality : The Interface is Everywhere", Course Notes, SIGGRAPH 2001.

Anders Hedman, "Visitor Orientation: Human-Computer Interaction in Digital Place". Licentiate thesis. Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Andre Stork, "Augmented Prototyping". Fraunhofer IGD, Darmstadt, Germany, (2002)

Benedikt, Michael, "Introduction", in Benedikt, Michael(ed.),

Bruce Thomas, Ben Close, John Donoghue, John Squires, Phillip De Bondi, Michael Morris and Wayne Piekarski. ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application. In Proceeding of ISWC'00 : Inter. Symp. on Wearable Computer, pages , Atlanta, Georgia, (Oct. 2000)

M Csikszentmihalyi, & I. Csikszentmihalyi, "Optimal experience: psychological studies of flow in consciousness", United Kingdom: Cambridge University Press.(1998)

